

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-991 改2
提出年月日	平成30年9月6日

### V-3-9-2-1 ベント管の強度計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用基準	3
2.4 記号の説明	4
3. 計算条件	5
3.1 形状及び主要寸法	5
3.2 評価範囲	6
3.3 材料	6
3.4 荷重の組合せ及び許容限界	6
4. 荷重条件	8
4.1 設計条件	8
5. 応力計算	9
5.1 応力評価点	9
5.2 応力計算方法	10
5.2.1 ベント管の断面性状	10
5.2.2 上部	10
5.2.3 ブレーシング部	11
6. 評価結果	12

## 1. 概要

本計算書は、ベント管の強度計算書である。

ベント管は、設計基準対象施設のベント管を重大事故等クラス2管として兼用する管である。

以下、重大事故等クラス2管として添付書類「V-3-1-6 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、ベント管の強度評価について記載する。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

ベント管の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ベント管上部をダイヤフラム・フロアに固定し、下部はブレーシングにて支持している。</p>	<p>ベント管は内径 <input type="text"/> mm, 板厚 <input type="text"/> mm, 長さ <input type="text"/> mm の管でできている。 ベント管の上部には配管破断時の防護のためジェットデフレクタが取付けた構造である。</p>	<p>ベント管詳細図</p>

## 2.2 評価方針

ベント管の応力評価は、添付書類「V-3-1-6 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針 2.3 重大事故等クラス2機器であって原子炉格納容器の構造及び強度」に基づき「2.1 構造計画」にて示すベント管の部位を踏まえた「3.2 評価範囲」にて設定する箇所において、供用状態Eにおける温度、圧力の条件による応力等が許容限界に収まることを「5. 応力計算」にて示す方法にて確認することで実施する。

## 2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））  
J S M E S N C 1 - 2 0 0 5 / 2 0 0 7）（日本機械学会）

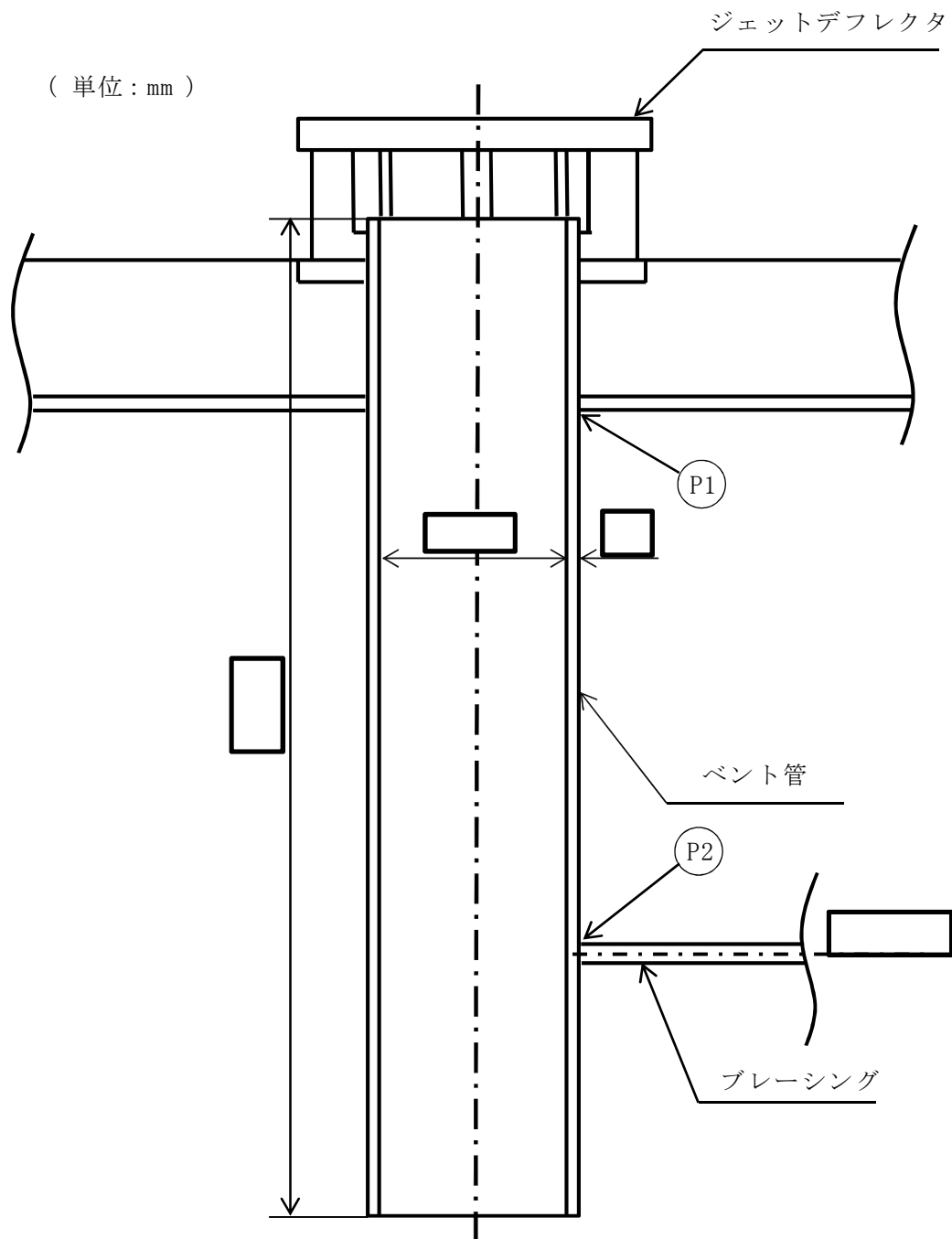
## 2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	断面積	mm <sup>2</sup>
a	構造物の厚さ	mm
C <sub>D</sub>	ドラッグ係数	—
D	直径	mm
F <sub>1</sub>	原子炉冷却材喪失事故時蒸気ブローダウンによる荷重	N
g	重力加速度	m/s <sup>2</sup>
M	モーメント	N・mm
P	逃がし安全弁作動時荷重	MPa
P <sub>b</sub>	一次曲げ応力	MPa
P <sub>Dmax</sub>	逃がし安全弁作動時気泡速度によるドラッグ力	MPa
P <sub>L</sub>	一次局部膜応力	MPa
P <sub>m</sub>	一次一般膜応力	MPa
P <sub>SA</sub>	内圧	kPa
P <sub>0max</sub>	逃がし安全弁作動時最大気泡圧力	MPa
Q	二次応力	MPa
R <sub>0</sub>	逃がし安全弁作動時気泡半径	m
r <sub>1</sub>	逃がし安全弁作動時気泡中心と構造物前面までの距離	m
T <sub>SA</sub>	温度	°C
t	板厚	mm
V <sub>0max</sub>	逃がし安全弁作動時最大気泡表面速度	m/s
W	荷重	N
Z	断面係数	mm <sup>3</sup>
γ	比重量	kg/m <sup>3</sup>
ΔP <sub>max</sub>	逃がし安全弁作動時気泡差圧による荷重	MPa
σ <sub>l</sub>	軸方向応力	MPa

### 3. 計算条件

#### 3.1 形状及び主要寸法

ベント管の形状及び主要寸法を図 3-1 に示す。



Ⓐ P1 及び Ⓑ P2 応力評価点

図 3-1 ベント管の形状及び主要寸法 ( 単位 : mm )

### 3.2 評価範囲

本計算書における評価部位は、「5.2 応力計算方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるベント管の上部及びブレイシング部について実施する。

### 3.3 材料

応力計算に使用する材料を表 3-1 に示す。

表 3-1 使用材料表

使用部位	使用材料	備考
ベント管	SGV49 相当 <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 15px;"></span>	SGV480*

注記 \*：新 JIS を示す。

### 3.4 荷重の組合せ及び許容限界

重大事故等対処設備の評価における荷重の組合せ及び供用状態を表 3-2 に、供用状態に対する許容限界を表 3-3 に示す。

表 3-2 荷重の組合せ及び供用状態

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ	供用状態
原子炉 格納施設	圧力低減 設備その 他の安全 設備	ベント管	重大事故 等クラス 2 管	$D + P_{SA} + M_{SA}^*$	E (E として $D_s$ の許容限界を準 用する)

D : 死荷重

$P_{SA}$  : 運転状態 V における圧力荷重

$M_{SA}$  : 運転状態 V における機械荷重



表3-3 許容限界

(単位：MPa)

材料	供用状態	許容応力	
		一次応力	
		$P_m$	$P_L + P_b$
SGV480	E	253*	379

注記 \*：評価対象は、構造または形状の不連続性を有する部分であることから、発生する一次一般膜応力は十分に小さいため、評価結果の記載については省略する。

#### 4. 荷重条件

##### 4.1 設計条件

- (1) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

内圧  $P_{SA}$  173 kPa

温度  $T_{SA}$  200 °C

- (2) 死荷重

ベント管の自重

- (3) 逃がし安全弁作動時荷重

逃がし安全弁作動時空気泡圧力による荷重としては、気泡差圧による荷重と気泡速度によるドラッグ力が作用する。

$$P = \sqrt{(\Delta P_{\max})^2 + (P_{D\max})^2}$$

ここに、

$$\Delta P_{\max} = P_{o\max} \cdot R_0 \cdot \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_1 + a} \right)$$

$$P_{D\max} = \frac{\gamma}{2 \cdot g} \cdot C_D \cdot V_{o\max}^2 \cdot \left( \frac{R_0}{r_1} \right)^4$$

- (4) 冷却材喪失事故時蒸気ブローダウンによる荷重

ベント管に加わる水平方向荷重

$$F_1 = \boxed{\phantom{000}} \sin(\pi \cdot t/3) \quad (\times 10^3 \text{ N}) \quad 0 \leq t \leq 3 \text{ ms}$$

## 5. 応力計算

### 5.1 応力評価点

ベント管の応力評価点は、ベント管を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 5-1、図 3-1 に示す。

表 5-1 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	上部
P 2	ブレーシング部

## 5.2 応力計算方法

ベント管に生じる応力は、4.1 項に示す設計条件に基づき算出されたベント管に生じる各荷重について、ベント管の形状及び主要寸法に基づく理論式により計算する。

### 5.2.1 ベント管の断面性状

#### (1) 断面積

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot \left\{ (D + 2 \cdot t)^2 - D^2 \right\} = 1.232 \times 10^4 \text{ mm}^2$$

#### (2) 断面係数

$$Z = \frac{\frac{\pi}{64} \cdot \left\{ (D + 2 \cdot t)^4 - D^4 \right\}}{(D + 2 \cdot t) / 2} = 1.840 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

### 5.2.2 上部

#### (1) 評価圧力による応力

評価圧力による軸方向応力

$$\sigma_{\ell} = \frac{P_{SA} \cdot D}{4 \cdot t} = 4 \text{ MPa}$$

#### (2) 死荷重による応力

死荷重による軸方向応力

$$\sigma_{\ell} = \frac{W}{A} = 2 \text{ MPa}$$

#### (3) 逃がし安全弁作動時荷重による応力

逃がし安全弁作動時荷重による軸方向応力

逃がし安全弁作動時は、原子炉圧力容器最大圧力時の動荷重による影響を考慮する。

$$\sigma_{\ell} = \frac{1.1 \cdot M}{Z} = 43 \text{ MPa}$$

ここに、

M：逃がし安全弁作動時荷重によるモーメント =  $7.130 \times 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm}$

- (4) 冷却材喪失事故時蒸気ブローダウン荷重による応力  
冷却材喪失事故時蒸気ブローダウン荷重による軸方向応力

$$\sigma_{\ell} = \frac{M}{Z} = 49 \text{ MPa}$$

ここに、

$$\begin{aligned} M : \text{冷却材喪失事故時蒸気ブローダウン荷重によるモーメント} \\ = 8.870 \times 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

### 5.2.3 プレーシング部

- (1) 評価圧力による応力  
評価圧力による軸方向応力

$$\sigma_{\ell} = \frac{P_{SA} \cdot D}{4 \cdot t} = 4 \text{ MPa}$$

- (2) 死荷重による応力  
死荷重による軸方向応力

$$\sigma_{\ell} = \frac{W}{A} = 2 \text{ MPa}$$

- (3) 逃がし安全弁作動時荷重による応力  
逃がし安全弁作動時荷重による軸方向応力  
逃がし安全弁作動時は、原子炉圧力容器最大圧力時の動荷重による影響を考慮する。

$$\sigma_{\ell} = \frac{1.1 \cdot M}{Z} = 85 \text{ MPa}$$

ここに、

$$M : \text{逃がし安全弁作動時荷重によるモーメント} = 1.420 \times 10^8 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- (4) 冷却材喪失事故時蒸気ブローダウン荷重による応力  
冷却材喪失事故時蒸気ブローダウン荷重による軸方向応力

$$\sigma_{\ell} = \frac{M}{Z} = 48 \text{ MPa}$$

ここに、

$$\begin{aligned} M : \text{冷却材喪失事故時蒸気ブローダウン荷重によるモーメント} \\ = 8.720 \times 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

## 6. 評価結果

ベント管の重大事故等対処設備としての強度評価結果を以下に示す。発生値は許容値を満足している。

### (1) 供用状態Eに対する評価

供用状態Eに対する応力評価結果を表 6-1 に示す。

表 3-2 に示す荷重の組合せについて記載している。

表 6-1 供用状態 E に対する評価結果 (D + P<sub>SA</sub> + M<sub>SA</sub>)

評価対象設備	評価部位		応力分類	E		判定	備考
				発生値	許容値		
				MPa	MPa		
ベント管	P 1	上部	一次膜応力強さ＋一次曲げ応力強さ	98	379	○	
	P 2	ブレーシング部	一次膜応力強さ＋一次曲げ応力強さ	139	379	○	